

อิทธิกร ภูมิพันธ์ : การปรับปรุงดินลูกรังด้วยคุณภาพด้วยเถ้าลอยแคลเซียมสูง
จีโอโพลิเมอร์ผสมกากแคลเซียมคาร์ไบด์และตะกรันเตาหลอมบดย่อย (STABILIZATION
OF MARGINAL LATERITIC SOIL BY HIGH CALCIUM FLY ASH BASED
GEOPOLYMER WITH CALCIUM CARBIDE RESIDUE AND GROUND
GRANULATED BLAST FURNACE SLAG AS ADDITIVES) อาจารย์ที่ปรึกษา :
ศาสตราจารย์ ดร.สุขสันต์ หอพิบูลสุข, 177 หน้า

โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่ด้วยคุณภาพหรือไม่ผ่านมาตรฐานสำหรับงานก่อสร้างทางนั้น จะทำการปรับปรุงคุณภาพด้วยปูนซีเมนต์ อย่างไรก็ดี ตามกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์จะใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสูงและยังปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จีโอโพลิเมอร์จึงเป็นวัสดุทางเลือกที่ดี เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีคุณสมบัติด้านวิศวกรรมที่ดีหลายอย่าง รวมทั้งการให้กำลังและความทนทานสูง วิทยานิพนธ์นี้ จะศึกษาความเป็นไปได้ของการปรับปรุงดินลูกรังด้วยคุณภาพด้วยเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์ และใช้กากแคลเซียมคาร์ไบด์และตะกรันเตาหลอมบดย่อย เป็นสารเพิ่มเติมลงในระบบ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว วิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยสามส่วนหลัก ส่วนแรกนำเสนอปัจจัยของตัวเร่งปฏิกิริยาและระยะเวลาการบ่มที่มีอิทธิพลต่อกำลังอัดและโครงสร้างทางจุลภาคของดินลูกรังที่ปรับปรุงด้วยเถ้าลอยแคลเซียมสูงจีโอโพลิเมอร์ ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ทางด้านวิศวกรรมงานทาง สารละลายตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นส่วนผสมของโซเดียมซิลิเกตและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในสัดส่วนต่างๆ ผลการศึกษาในส่วนแรกพบว่ากำลังอัดเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม และกำลังอัดที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานงานชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทางของหน่วยงานด้านงานทางของประเทศไทย กำลังอัดสูงสุดที่อายุบ่ม 7 วัน พบได้จากตัวอย่างที่ผสมด้วยสัดส่วนโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 90:10 และกำลังอัดสูงสุดที่อายุบ่ม 90 วัน พบที่สัดส่วนโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 50:50

งานวิจัยในส่วนที่สอง นำเสนอกำลังอัดและลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของดินลูกรังที่ปรับปรุงด้วยเถ้าลอยจีโอโพลิเมอร์กับกากแคลเซียมคาร์ไบด์ ภายใต้ปัจจัยที่มีอิทธิพลแตกต่างกัน (อายุการบ่ม สัดส่วนของโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสัดส่วนของกากแคลเซียมคาร์ไบด์) โดยศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนากำลังของตัวอย่าง สำหรับทุกตัวอย่างที่ผสมด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาทุกสัดส่วนที่อายุ 7 วัน มีกำลังอัดเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกากแคลเซียมคาร์ไบด์ที่เพิ่มขึ้นด้วยเหตุนี้ ผลกระทบของจีโอโพลิเมอร์ก็เกิดขึ้นมากด้วยเช่นกัน สัดส่วนของกากแคลเซียมคาร์ไบด์

ที่ทำให้กำลังสูงสุดจะอยู่ที่ร้อยละ 20 หากเพิ่มสัดส่วนของกากเคลือบคาร์ไบด์ในระบบที่ร้อยละ 30 จะทำให้ตัวอย่างเกิดรูพรุนคล้ายฟองน้ำและผิวเผินจะเกิดรอยแตก กำลังอัดสูงสุดที่อายุบ่ม 90 วัน คือ 18.80 เมกะปาสกาล พบที่สัดส่วนโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 90:10 ผสมด้วยกากเคลือบคาร์ไบด์ ร้อยละ 20

งานวิจัยในส่วนสุดท้าย นำเสนอกำลังอัดของดินลูกรังที่ปรับปรุงแล้วโดยจีโอโพลิเมอร์กับ ตะกรันเตาหลอมบดย่อยเป็นตัวผสมเพิ่ม การพัฒนาโครงสร้างทางจุลภาคของตัวอย่าง ศึกษาโดยใช้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านและการวิเคราะห์องค์ประกอบสารด้วยเทคนิคการ เลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ ปัจจัยสำคัญที่ศึกษาในครั้งนี้ประกอบด้วย สัดส่วนของตะกรันเตาหลอมบด ย่อย สัดส่วนของโซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และ ระยะเวลาการบ่ม กำลังอัด ที่อายุ 7 วัน ของตัวอย่างดินลูกรังแล้วโดยจีโอโพลิเมอร์ผสมด้วยตะกรันเตาหลอมบดย่อย ผ่านเกณฑ์ มาตรฐานงานชั้นรองพื้นทางและชั้นพื้นทางของหน่วยงานด้านงานทางของประเทศไทย กำลังอัด สูงสุดที่อายุบ่ม 60 วันคือ 19.97 เมกะปาสกาล พบที่สัดส่วน โซเดียมซิลิเกตต่อสารละลายโซเดียม ไฮดรอกไซด์ 90:10 และสัดส่วนตะกรันเตาหลอมบดย่อยร้อยละ 10 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นของตัวอย่าง ดินลูกรังแล้วโดยจีโอโพลิเมอร์ผสมด้วยตะกรันเตาหลอมบดย่อย ประกอบด้วย โซเดียมอลูมิโนซิลิเกตไฮดรต แคลเซียมซิลิเกตไฮดรต และแคลไซต์ ผลการวิจัยที่ได้ในครั้งนี้จะช่วยให้มีการนำ กากเคลือบคาร์ไบด์และตะกรันเตาหลอมบดย่อย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ มาใช้ประโยชน์ในงาน ปรับปรุงวัสดุสำหรับงานทางด้วยจีโอโพลิเมอร์

ITTHIKORN PHUMMIPHAN : STABILIZATION OF MARGINAL
LATERITIC SOIL BY HIGH CALCIUM FLY ASH BASED
GEOPOLYMER WITH CALCIUM CARBIDE RESIDUE AND GROUND
GRANULATED BLAST FURNACE SLAG AS ADDITIVES. THESIS
ADVISOR : PROF. SUKSUN HORPIBULSUK, Ph.D., 177 PP.

GEOPOLYMER/FLY ASH / STRENGTH/ CALCIUM CARBIDE RESIDUE/ SLAG

Marginal soils are traditional stabilized with Portland Cement (PC) when used as a pavement material. The production of PC is however an energy-intensive process and emits a large amount of greenhouse gas into the atmosphere. Geopolymer is an alternative environmentally friendly “green” binder, which has many advantageous properties, including high strength and durability. This research investigated the possibility of stabilization of marginal lateritic soil (LS) by Fly Ash (FA) based geopolymer with Calcium Carbide Residue (CCR) and Ground Granulated Blast Furnace Slag (GBFS) as additives. To achieve this goal, this thesis consists of three main parts. First part presents the effects of alkali activator and curing time on Unconfined Compression Strength (UCS) and microstructural characteristics of LS stabilized with high calcium fly ash (FA)-based geopolymer, which is novel in the field of pavement geotechnics. A liquid alkali activator was a mixture of sodium silicate (Na_2SiO_3 : NS) solution and sodium hydroxide (NaOH: NH) solution at various NS:NH ratios. The results showed that the UCS increased with the curing time and the 7-day UCS for all NS:NH ratios tested meets the local national standard as pavement bound material. The maximum 7-day UCS were found at NS:NH of 90:10 and the maximum 90-day UCS was found at a NS:NH ratio of 50:50.

Second part presents UCS and microstructural characteristic of LS stabilized by FA geopolymer with CCR as an additive under different influential factors (curing times, NS:NH ratios and CCR replacement ratios). Scanning Electron Microscope (SEM) analysis was subsequently performed to investigate the effect of influential factors on UCS development. For all NS:NH ratios, the early 7-day UCS increases with increasing CCR replacement ratio whereby the cementitious products increase with CCR replacement ratio. The CCR replacement ratio providing the maximum 90-day strength is found at 20%. FA particles in FA-CCR geopolymer stabilized LS at excessive CCR replacement ratio of 30% are evidently spongy and cracked. The maximum 90-day UCS is found to be 18,800 kPa at NS:NH = 90:10 and CCR = 20%.

Last part presents the UCS of LS stabilized by FA geopolymer with GBFS as an additive. The microstructural development of the FA- GBFS geopolymer stabilized LS was observed through SEM and X-Ray Diffraction (XRD) analysis. The significant factors studied consisted of GBFS content, NS:NH ratio, and curing time. The soaked 7-day UCS of LS-FA- GBFS geopolymer tested meets the standard of national road authorities. The highest 60-day UCS was found to be 19.97 MPa at NS:NH = 90:10 and GBFS = 10%. The cementitious products of FA – GBFS geopolymer stabilized LS were a coexisted Sodium Alumino Silicated Hydrate (N-A-S-H), Calcium Silicate Hydrate (C-S-H) and calcite. The outcome of this research enables CCR and GBFS, which are a waste material to be used in FA geopolymer pavement applications.

School of Civil Engineering

Academic Year 2015

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____